Lane Medical Library

Aus der chirurgischen Universitätsklinik der Charité zu Berlin
(Direktor: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Hildebrand)

Ueber Knochentransplantationen bei Defekten der Röhrenknochen

---

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der

Medizinischen Doktorwürde

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Berlin

Von

Egon Berthold
prakt. Arzt
aus Rauscha (Schlesien)

Tag der Promotion: 27. Mai 1919

Emil Ebering, Berlin NW. 7, Mittelstr. 29

1919

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. **His**

Referenten: Prof. Dr. **Köhler**

Prof. Dr. **Hildebrand**

Meiner lieben Mutter

Die Versuche Knochen zu transplantieren, sind in der Geschichte der Medizin verhältnismäßig jungen Datums. Zwar war schon bei den alten Indern ein Verfahren bekannt, abgeschnittene Nasen wieder anzunähen oder durch Lappen aus der Nachbarschaft zu ersetzen, aber es erstreckte sich im Wesentlichen wohl nur auf die Verpflanzung der Weichteile. Für wie aussichtslos man noch im sechzehnten Jahrhundert das Wiederanheilen von Knochenstücken hielt, beweißt uns eine Bemerkung Vesals: „Atque proinde eiusmodi curationem tentare, idem est, ac si simia philosopharetur, velletque per aerem volare." Aus dem Jahre 1670 berichtet Job-a-Mekren von einem Russen, der durch einen Säbelhieb einen Defekt des Schädeldaches erlitt. Der Defekt wurde durch ein entsprechendes Stück eines Hundeschädels ersetzt und zur Heilung gebracht. Wie weit diesen Angaben Glauben beizumessen ist, mag dahingestellt sein.

Die ersten glaubwürdigen Berichte über Knochentransplantationen stammen aus dem Anfang des neunzehnten Jahrhunderts. Merrem trepanierte 1810 einen Hund und eine Katze und sah trotz Eiterung die Einheilung der replantierten Scheiben. 1815 versuchte Percy in zwei Fällen den Substanzverlust nach Schußfrakturen der Extremitäten durch Röhrenknochenstücke eines Rindes zu ersetzen, allerdings mit völligem Mißerfolg. Die Stücke mußten wegen heftiger Eiterung, die jede Kallusbildung verhinderte, wieder entfernt werden. Ph. v. Walther gelang es 1820 bei Hunden und Katzen Knochenstücke, die längere Zeit außerhalb der Trepanationsöffnung verweilt hatten, wieder einzuheilen.

Noch heute existiert von diesen Versuchen ein Hundeschädel, an dem die Grenze der austrepanierten und wieder eingeheilten Scheibe kaum zu erkennen ist. Zur selben Zeit trepanierte er einen Menschen wegen Schädelbruches und replantierte die Scheibe. Es kam zur Eiterung und nach vier Monaten zur Exfoliation eines kleinen Stücks der Tabula externa; der Rest heilte ein. 1826 sprach Dieffenbach zuerst den Gedanken aus, bei Gaumendefekten die knöchernen Ränder zu mobilisieren und zu verpflanzen, eine Methode, die im Laufe der nächsten Jahrzehnte viel geübt, ausgebaut und auf andere Körperteile übertragen wurde. In den dreißiger Jahren wies Heine in einer großen Zahl von Tierversuchen an den Diaphysen der Röhrenknochen die Bedeutung des Periosts für die Wiedererzeugung von Knochen nach, wenn auch seine Versuche in Bezug auf das Resultat der dauernden Einheilung größten Teils scheiterten. Wedemeyer trepanierte 1842 einen Soldaten und heilte die Scheibe wieder ein. Der Fall kam nach sieben Jahren zur Sektion; die replantierte Scheibe unterschied sich in ihrer Struktur in keiner Weise von der Umgebung. Anfang der fünfziger Jahre gab Pirogoff das Verfahren an, bei Exartikulation des Fußes den im Amputationslappen erhaltenen Kalkaneus auf die Sägefläche der amputierten Tibia zu verflanzen. Später übertrug Gritti diesen Gedanken auf die Oberschenkelamputation oberhalb des Kniegelenks, bei der die ihrer Knorpelschicht beraubte Patella auf die Sägefläche geklappt wird (osteoplastische Amputation).

Einen mächtigen Aufschwung nahm die Osteoplastik Ende der fünfziger Jahre durch Langenbeck. Langenbeck definierte die Osteoplastik als die Lehre von den Operationen, die den Zweck haben, Knochendefekte zu ersetzen oder Knochenresektionen so vorzunehmen, daß die Regeneration des resezierten Knochenstücks möglich wird. Den vorausgegangenen Tierversuchen stand er sehr skeptisch gegenüber

und sprach sich dahin aus, daß das Regenerationsvermögen der Tiere nicht als sichere Basis der operativen Chirurgie dienen könne und daß eine einzige Beobachtung beim Menschen mehr Wert habe als tausend Versuche an Tieren. Da die Resultate der Transplantationen vollständig aus allen ihren Verbindungen gelöster Knochenstücke noch immer recht unsicher waren, kam Langenbeck auf den Gedanken der osteoplastischen Resektion, bei der Knochenstücke mit Erhaltung einer Ernährungsbrücke exstirpiert und replantiert werden. Die erste derartige Operation führte er 1859 bei einem jungen Manne aus, dem er zwecks Entfernung eines großen Nasen-Rachenpolypen den Processus nasalis des Oberkiefers nebst dem Nasenbein der rechten Seite unter Erhaltung einer Periostbrücke zum Stirnbein resezierte und reponierte.

In dieselbe Zeit, in der die Osteoplastik durch Langenbeck auf praktisch-chirurgischem Gebiet einen so hohen Aufschwung nahm, fallen die ausführlichen und für die weitere Entwicklung der Lehre von der Knochentransplantation von grundlegender Bedeutung gewordenen Versuche Olliers. Ollier war der Erste, der in seinen systematischen Untersuchungen in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die prinzipielle Bedeutung der einzelnen Komponenten des Knochengewebes zu ergründen versuchte. Ollier stellte drei Versuchsreihen an, die sich in der Hauptsache auf Trans- und Replantationen ganzer undurchsägter Röhrenknochen von Tieren bezogen. In der ersten verpflanzte er frisch entnommene Knochen von einem Individuum auf ein anderes derselben Spezies, meist von jungen Tieren auf alte. In der zweiten übertrug er ebensolche Knochenstücke, nur wurden dieselben vorher zehn Minuten bis fünfviertel Stunden der Luft ausgesetzt. In der dritten transplantierte er Knochen von Tieren einer Art auf Tiere einer anderen, meist von Kaninchen auf Hunde, Meerschweichen und Hühner. Die

Tiere lebten bis sieben Monate nach der Operation. In der ersten Reihe erfolgte regelmäßig Einheilung, wenn dieselbe nicht durch Eiterung verhindert wurde. In einer ganz geringen Anzahl von Fällen war infolge Eiterung Nekrose des Ersatzstücks eingetreten. In der zweiten Reihe wurde nur bei einer kleinen Zahl ein positiver Erfolg beobachtet. In der Mehrzahl der Fälle trat Eiterung und Resorption des Stückes ein. Die Versuche der dritten Reihe verliefen fast ohne Ausnahme resultatlos. Die Transplantate wurden häufig eingekapselt und verfielen früher oder später der Resorption. In vereinzelten Fällen heilten sie knöchern ein, schienen aber allmählich durch junges, vom neuen Mutterboden ausgehendes Knochengewebe ersetzt zu werden. Ollier brauchte bei seinen Transplantationen fast nur Knochenstücke, auf denen das Periost erhalten war. Stücke, die ohne Periost verpflanzt wurden, gingen ausnahmslos zugrunde. Noch instruktiver waren seine folgenden Versuche. Er trennte Periostlappen von der Tibia derart ab, daß sie noch durch eine schmale Brücke mit dem zugehörigen Knochen in Verbindung blieben, und schob das freie Ende derselben zwischen die Muskeln der Extremität. Aus dem Periostlappen entstand eine Exostose, auch wenn die Brücke nach einigen Tagen durchschnitten wurde. Ja sogar abgelöste Periostlappen, unter die Haut verpflanzt, bildeten Knochen. Schon Duhamel hatte in der Mitte des achtzehnten Jahrhunderts den Kallus als Produkt der inneren Schicht des Periosts bezeichnet. Die Ergebnisse der Forschungen Olliers bestätigen in vollem Umfange die ausschlaggebende Bedeutung der knochenbildenden Fähigkeit des Periosts. Weiter ergaben die Versuche, daß die Einteilung eines aus allen Verbindungen gelösten Knochenstücks zwar möglich ist, daß aber hinsichtlich der Wertigkeit des verschiedenen Knochenmaterials für den Prozeß der Einheilung und die Erzielung eines Dauerresultates weitgehende Unterschiede bestehen.

Ollier wies als Erster auf den fundamentalen Unterschied zwischen dem lebenden, periostgedeckten, artgleichen Knochen und jedem anderen Knochenmaterial hin. Nur der erstere zeigt nach der Verpflanzung unter rascher Herstellung inniger fibro-vaskulärer Verbindungen Dickenwachstum. Dickenwachstum ist aber ein Zeichen der Fortdauer des betreffenden Knochenstücks. Nur bei solchem Knochen besteht also die Möglichkeit einer wirklichen Einheilung mit Erhaltung der Vitalität, und zwar durch Vermittlung des Periosts. Wir werden später sehen, daß sich die Behauptung Olliers über das Weiterleben des transplantierten Knochens nicht aufrechterhalten ließ. Das deckende Periost, das auch nach der Ueberpflanzung lebend und produktionsfähig bleibt, ist der wichtigste Faktor bei der Knochentransplantation. Jedes andere Knochenstück verfällt dem Tode, soweit es nicht schon tot transplantiert wird. Solche Stücke bleiben entweder als Fremdkörper unverändert liegen, während die Umgebung eine bindegewebige Kapsel liefert, oder sie verfallen der Resorption. Werden solche Stücke in ein ossifikationsfähiges Lager verpflanzt, so können sie unter günstigen Umständen einheilen, indem sie durch neu gebildetes Knochengewebe vom Lager ersetzt werden. Ueberall, wo dauernder knöcherner Ersatz erstrebt wird, ist daher im Prinzip ausschließlich artgleicher, lebender, periostgedeckter Knochen zu verwenden. Den Grund für diesen praktisch außer Frage stehenden Vorzug des artgleichen Knochens bei der Transplantation erblickte Ollier in der Abhängigkeit der Ernährung desselben von spezifischer Gewebsflüssigkeit und spezifischen Gefäßen.

In den nächsten Jahren unternahm Wolff auf Langenbecks Anregung hin eine Nachprüfung der Ollierschen Versuche. Er verpflanzte den Metatarsus eines Kaninchens in die Bauchhaut einer Taube. Weiter brachte er den periostlosen Radius eines Kaninchens unter die eines anderen,

In einer dritten Reihe von Versuchen entfernte er die Metatarsi zweier Tiere und vertauschte sie miteinander. Endlich meißelte er von flachen Schädelknochen Scheiben ab, replantierte dieselben und vernähte die Haut darüber. Die trepanierten Tiere fütterte er mit Krapp und glaubte durch die schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit auftretende Rotfärbung der replantierten Scheibe den Beweis für die Zirkulation und damit für das unveränderte Fortleben derselben erbracht zu haben. Er befand sich damit in vollem Einklang mit Olliers Behauptungen. Wolff erkannte auch schon den großen Unterschied, der zwischen Schädel- und Röhrenknochen bezüglich der Transplantation besteht. Auf Grund seiner negativen Erfolge bei Transplantationsversuchen vollständig aus allen Verbindungen gelöster Knochenstücke an den Röhrenknochen, mißt er dieser Methode wenig praktische Bedeutung bei. Dagegen sieht er in der von Langenbeck inaugurierten Methode der Verpflanzung teilweise adhaerent gebliebener Knochenstücke ein sehr aussichtsreiches Verfahren.

Entsprechend diesen von einer so gewaltigen Autorität wie Langenbeck vertretenen Anschauungen, wandte sich das Interesse der Chirurgen in der Hauptsache der gestielten Osteoplastik zu. Im weiteren Verfolg seiner Methode der temporären Resektion führte Langenbeck im Jahre 1861 zum ersten Male die osteoplastische Resektion des Oberkiefers wegen Fibroids der Fossa pterygo-palatina aus. Im selben Jahre übertrug Billroth dieses Verfahren auf den Unterkiefer bei Mundbodenkrebs.

Ende der sechziger Jahre stellten Billroth, Janny und Menzel Transplantationsversuche an den Röhrenknochen von Hunden und Tauben an, freilich mit durchaus negativem Ergebnis. Obgleich nun diese mangelhaften Erfolge keineswegs ermutigend wirken konnten, finden wir in der Literatur der folgenden Jahre doch hier und da vereinzelte Fälle

und Berichte über Versuche, die einen Beitrag und eine weitere Entwicklung auf dem Gebiete der Osteoplastik bedeuten. Lossen beobachtete im Kriege 70/71 bei Splitterbrüchen der Extremitäten die Wiedereinheilung vollständig gelöster Knochensplitter. 1875 behandelte Nußbaum mit Erfolg eine Pseudarthrose der Ulna von 5 cm Diastase nach Schußfraktur dadurch, daß er vom oberen Fragment ein periostgestieltes Knochenstück entnahm und in den Defekt einfügte. Es kam zur Eiterung und Ausstoßung eines sehr kleinen Teils des Transplantats; darauf trat Heilung und Konsolidation ein. In den achtziger Jahren erweiterte König die osteoplastische Resektion Langenbecks am Schädel, indem er sie auch auf benachbarte Defekte ausdehnte. Zehn Jahre später erfuhr diese Methode ihre letzte und vollkommenste Ausgestaltung durch Müller, der in die Ernährungsbrücke außer dem Periost auch Weichteile und Haut einbezog.

Hahn beschäftigt sich mit der Behandlung der Kontinuitätsdefekte der Tibia und gab 1884 ein Verfahren an, bei dem er die durchsägte Fibula in das obere Tibiafragment mit gutem Erfolge einpflanzte. Es trat Konsolidation und Verdickung der Fibula ein, die das Bein wieder gebrauchsfähig machte. Am weitesten in der Behandlung der Kontinuitätsdefekte ging Gluck. Ausgehend von vereinzelten Berichten über erfolgreiche Einheilung selbst größerer Fremdkörper, propagierte er 1890 seine Invaginationsmethode, die darin bestand, daß er Elfenbeinzylinder in die Markhöhlen der Fragmente einrammte; ja, er ging so weit bei Gelenkdefekten komplizierte elfenbeinerne Apparate zu implantieren, die zunächst auch wirklich einheilten. Sowie die betreffende Extremität aber funktionell irgendwie in Anspruch genommen wurde, kam es zu heftigen Reizerscheinungen und Eiterungen, die fast ausnahmslos eine Entfernung der implantierten Fremdkörper notwendig machten. Wenige Jahre später gab

Gluck zu, daß seine Methode nicht gehalten, was sie versprochen habe, und riet selbst von ähnlichen Versuchen ab.

Zur selben Zeit veröffentlichte Schmitt die Ergebnisse seiner ausführlichen Versuche. Nach seiner Ansicht können totes Material und lebender Knochen von differenter Spezies zwar einheilen, aber nur dann zum Ersatz von Knochendefekten verwendet werden, wenn keine Funktion von dem Ersatzmaterial verlangt wird, wie beispielsweise am Schädel. Das eingepflanzte Stück verwächst nicht knöchern am Orte der Einpflanzung und befördert nicht die Ausfüllung des Defekts mit neuem Knochengewebe; es wird entweder eingekapselt, resorbiert oder wieder ausgestoßen. Lebender Knochen von derselben Spezies kann knöchern einheilen; heilen; die Anwendung dieses Verfahrens ist aber durch den Mangel an Material beschränkt. Knochen vom selben Individuum hat die meiste Aussicht auf Erfolg, und zwar in Form von gestielten Haut-Periost-Knochenlappen.

Eine große Veränderung in den bisher herrschenden theoretischen Grundlagen für die Lehre von der Knochentransplantation vollzog sich durch die Veröffentlichung der eingehenden Untersuchungsergebnisse Barths im Jahre 1894. Nach Olliers bis dahin maßgebender Ansicht stand die Möglichkeit außer Frage, ein lebendes Knochenstück an seiner Ursprungsstelle oder in einen anderen Defekt des lebenden Skeletts mit Erhaltung seiner Vitalität einzuheilen. Ollier und die später ihn bestätigenden Untersucher waren dabei nur von dem makroskopischen Verhalten des transplantierten Knochens ausgegangen. Mikroskopische Belege für das tatsächliche unveränderte Fortleben der Transplantate hatte keiner von ihnen erbracht. Die auf Marchands Anregung hin unternommenen sorgfältigen histologischen Untersuchungen Barths ergaben nun, daß von einem Weiterleben des verpflanzten Knochens keine Rede sein könne. Er geht vielmehr zu Grunde, wie sich deutlich aus dem Verhalten der

Knochenzellen ergibt, und wird allmählich durch neues Knochengewebe, das aus dem knochenbildenden Gewebe des benachbarten lebenden Knochens stammt, ersetzt. Auch das mitüberpflanzte Periost und Mark stirbt nach Barth ab. Für den knöchernen Ersatz des transplantierten Knochens kommt also einzig und allein nur die knochenbildende Fähigkeit des benachbarten Gewebes in Betracht. Das Transplantat verhält sich wie ein aseptischer poröser Fremdkörper, er wird von jungem osteriden Gewebe allseitig durchwachsen und durch neues Knochengewebe substituiert. Wesentlich ist an dem ersetzenden Teil nur der Gehalt an Kalksalzen, da diese zum Aufbau des neuen Knochens gebraucht werden, und der Reiz, den er auf das ossifikationsfähige Gewebe der Nachbarschaft ausübt. Diese Aufgabe scheint Knochen, gleichgültig ob lebend oder tot, am besten zu erfüllen. Prinzipiell kann sie aber auch jede andere kalkhaltige Substanz in gleicher Weise leisten. Die Substituierung des toten Knochens durch lebenden vollzieht sich nicht, wie es vom normalen Knochenwachstum her bekannt ist, auf dem Wege der auf einander folgenden Resorption und Apposition, sondern geht durch direkte Umwandlung vor sich. Marchand, der sich den Ausführungen Barths anschloß, nannte diesen Vorgang schleichenden Ersatz. Auf Grund seiner Beobachtungen kam nun Barth zu dem Schluß, daß der Unterschied zwischen lebendem und totem Knochen, wie ihn Ollier gelehrt hatte, nicht mehr aufrecht erhalten werden könne, daß vielmehr beide als durchaus gleichwertig anzusehen seien. Als praktische Folge ergab sich für ihn daraus, dem wohlfeilen toten Material vor dem um den Preis einer zweiten Operation erkauften lebenden Material den Vorzug zu geben und seine Anwendung zu empfehlen.

Lange Zeit herrschte die Lehre Barths mit ihren theoretischen Grundlagen, wenn auch zahlreiche praktische Erfahrungen zu Gunsten des lebenden Knochens sprachen.

So trat Bramann auf dem Chirurgenkongreß 1894 der Barthschen Auffassung entgegen. Er behauptete, daß der transplantierte Knochen einheile, sonst müsse er sich mehr verändern. Als Beweis für die Vorzüge des lebenden, periostgedeckten, artgleichen Knochens führte er einen Fall von komplizierter Oberarmfraktur mit einem Kontinuitätsdefekt von 7 cm vor, der durch Transplantation eines Knochenstücks aus der Tibia zur Heilung gebracht wurde. In der Hauptsache wurde jedoch zunächst immer noch die gestielte Osteoplastik geübt, die durch die Sicherheit ihrer Erfolge für sich einnahm. Bardenheuer berichtete auf dem Chirurgenkongreß 1896 über einen Fall, bei dem er zum Ersatz der oberen Humerushälfte die lappengestielte Spina scapulae transplantierte und Heilung und Konsolidation erzielte. Auf demselben Kongreß teilte Cramer sein Verfahren der osteoplastischen Knochenspaltung mit, das er zunächst bei Metakarpal- und Metatarsalknochen und Phalangen zum Ersatz eines Nachbarknochens anwandte. Später translocierte er die gespaltene Ulna mit gutem Erfolg zum Ersatz des fehlenden Radius. 1897 übertrug Eiselsberg die Methode Müller-Königs auf die Extremitäten, indem er einen großen Tibiadefekt nach Resektion wegen Sarkom durch Verpflanzung eines gestielten Haut-Periost-Knochenlappens vom oberen Fragment zur Heilung brachte.

Zahlreich sind in den folgenden Jahren die Versuche, Defekte der Röhrenknochen durch Transplantation zu ersetzen, sowohl hinsichtlich der Wahl des Materials als auch der Art und Weise seiner Anwendung. Ich will nur die wichtigsten erwähnen. So verwandte Macewen 1896 die durch Keilosteotomie deformierter Extremitätenknochen eines rhachitischen Kindes gewonnenen Knochenstücke mit Erfolg zum Ersatz eines Humerusdefekts eines Erwachsenen. Kronacher berichtet 1897 über eine Tranplantation eines 4 cm langen ausgekochten Kalbsknochens in einen Defekt der

Grundphalanx des rechten Zeigefingers eines 53jährigen Schneiders. Nach mehreren Monaten erfolgte Einheilung und Konsolidation und auch das funktionelle Resultat war befriedigend. 1900 operierte Bramann ein Mädchen, bei dem nach einer Osteotomie infolge schlecht geheilter intrauteriner Fraktur des linken Unterschenkels eine Pseudarthrose entstanden war. In den Tibiadefekt wurde ein Stück Tibia eines Erwachsenen, das bei einer Amputation gewonnen wurde, eingefügt. Das Transplantat heilte reaktionslos ein. Konsolidation trat allerdings erst nach anderthalb Jahren ein; das Bein war dann gebrauchsfähig. Im selben Jahre teilte Klapp einen Fall von ausgedehnter Knochentransplantation mit. Einer 30jährigen Patientin wurde gegen Sarkom fast die ganze Diaphyse des rechten Humerus entfernt. Der Defekt wurde durch ein entsprechendes Knochenstück mit Periost aus der linken Tibia gedeckt und das Transplantat beiderseits in die Humerusstümpfe eingefügt. Trotz eintretender Eiterung und teilweiser Sequestrierung des transplantierten Knochenstücks trat schließlich Heilung und Konsolidation ein und der Arm erlangte wieder seine volle Gebrauchsfähigkeit. Tietze resezierte 1902 einer 44jährigen Patientin wegen Sarkom 4 cm der distalen Hälfte des rechten Radius und verwandte zur Deckung des Defekts die erste Phalanx der linken großen Zehe, und zwar ohne besondere Befestigung. Nach 1½ Jahre war knöcherne Verwachsung erfolgt, die Funktion dementsprechend gut.

Reichel beschäftigte sich mit der Behandlung schwerer Formen von Pseudarthrose. Er führte 1903 drei Fälle von intrauterinen Unterschenkelfrakturen an, bei denen alle bisher üblichen Methoden, auch die freie Transplantation, versagt hatten. Da die Bildung eines gestielten Lappens von einem der Bruchenden wegen Grazilität nicht möglich war, bildete er gestielte Hautperiostknochenlappen von der Tibia des anderen gesunden Unterschenkels zur Deckung der De-

fekte und erzielte dadurch Heilung. Zur selben Zeit berichtete Mangoldt über zwei Fälle, bei denen er ungestielte Periostknochenlappen zur Ausführung großer Knochendefekte erfolgreich benutzte. Es handelte sich in beiden Fällen um 8 jährige Knaben. Im ersten Falle hatte Osteomyelitis der Tibia zur Nekrose der Diaphyse und Pseudarthrose geführt. Im zweiten Falle bestand eine große Knochenhöhle im Femur nach Osteomyelitis. Die transplantierten Knochenstücke waren der Tibia entnommen. Friedrich (1904) hat in einigen Fällen, bei denen die Diaphyse langer Röhrenknochen oder ein Teil derselben wegen bösartiger Geschwülste entfernt werden mußte, den Defekt durch gekochte Knochenstücke, die gelegentlich einer Amputation oder durch Tod gewonnen waren, zur Heilung gebracht. Huntington (1905) ersetzte den durch Osteomyelitis zerstörten Schaft der Tibia durch die Fibula. Er transplantierte zuerst die durchtrennte Fibula in den oberen Tibiastumpf und nach mehreren Monaten die nochmals durchsägte Fibula in den unteren Tibiastumpf. Das transplantierte Fibulastück nahm an Länge und Dicke zu und ersetzte die Tibia vollkommen. Dieses Verfahren, das 1884 zuerst von Hahn als einseitige Einpflanzung der Fibula in die Tibia angegeben worden war, wurde in der eben erwähnten weiteren Ausgestaltung von vielen Chirurgen angewandt, und wegen seiner guten Resultate empfohlen.

1906 legte Garré die Bedingungen dar, die nach seiner Meinung für das Gelingen einer freien Gewebspfropfung maßgebend waren. Nach Garré hängt die Einheilung von guten Ernährungsverhältnissen ab. Das Transplantat erhält sich zunächst durch Imbibition mit Lymphe und Blutplasma. Erst am dritten Tage beginnen Blutgefäße einzuwachsen. Die Widerstandsfähigkeit des Transplantats, seine Vita propria, ist gerade in dieser ersten Zeit von großer Bedeutung. In diesem Sinne wirkt es auf den Prozeß der Einheilung

begünstigend, wenn hinsichtlich der Blutsverwandschaft möglichst geringe Differenzen bestehen. Der Hinweis Olliers auf die spezifischen Gefäße und Gewebssäfte tritt uns hier wieder entgegen. Weiter ist es wichtig, daß das Transplantat einen adäquaten Boden vorfindet, der auf die Bedürfnisse des betreffenden spezifischen Gewebes eingestellt ist und die beste Garantie für eine möglichst schnelle Assimilation bietet. Da die Erhaltung einer möglichst wenig herabgesetzten Vitalität des Transplantats dringend erwünscht ist, haben antiseptische Maßnahmen ihm gegenüber zu unterbleiben. Als diese Richtlinien von Garré aufgestellt wurden, galten im übrigen noch die Lehren Barths, die allerdings nicht gehindert hatten, daß die praktische Chirurgie sich in erheblichem Umfange auch lebenden Knochenmaterials zur Transplantation und auch mit größerem Erfolge bediente.

Diesen Gegensatz zwischen den theoretischen Grundlagen und den praktischen Erfahrungen in der Lehre von der Knochentransplantation griff Axhausen auf und machte ihn zum Ausgangspunkt ausführlicher Versuche und Untersuchungen, die er im Jahre 1908 und in den folgenden Jahren veröffentlichte. Er stellte zunächst Versuche an Ratten, Kaninchen und Hunden an. Die Versuche wurden in drei Reihen angeordnet. In der ersten wurden parallele Transplantionen ausgeführt mit lebenden periostgedecktem, lebendem periostlosem ausgekochtem und mazeriertem Knochen in Weichteile. Die zweite Versuchsreihe erstreckte sich auf parallele Replantationen wandständiger Resektionen an den Röhrenknochen. Dabei wurde das Periost der Umgebung in weiter Ausdehnung entfernt. In der dritten Reihe handelte es sich um parallele Trans- und Replantationen bei zirkulärer Resektion der langen Röhrenknochen. Diese Versuchsanordnung ermöglichte es das Schicksal und die Bedetung der einzelnen Komponenten des Knochensystems, des Knochens, Periosts und Marks, festzustellen, insbesondere

durch histologische Untersuchungen, die über diesen Gegenstand bisher nur in ganz unzureichender Weise bestanden. Es zeigte sich, daß periostloser lebender Knochen und mazerierter Knochen auch nach mehreren Monaten nur äußerst spärliche und zarte Verbindungen mit den umgebenden Weichteilen eingeht. Im mikroskopischen Präparat liegen die Weichteile größtenteils der glatten unveränderten Oberfläche des Knochens an. Nur vereinzelt sieht man zellreiches Bindegewbe unter lakunärer Resorption in den Knochen vordringen. Nirgends sind Zeichen von Apposition neuen Knochengewebes zu erblicken. Ganz anders verhält sich der lebende periostgedeckte Knochen. Bei ihm besteht nach der entsprechenden Zeit eine innige Verbindung zwischen Knochen und Weichteilen durch Vermittlung des Periosts. Deutlich ist ferner die Knochenauflagerung zwischen Knochen und Periost.

Weiter untersuchte Axhausen das durch Exartikulation gewonnene Präparat eines wegen Tuberkulose resezierten Metatarsus, bei welchem der Defekt durch ein der Tibia entnommenes frisches Knochenstück mit Periostüberzug gedekt worden war. Das transplantierte Knochenstück hatte 51 Tage an seiner Stelle gelegen. Der histologische Befund zeigte, daß auch beim Menschen für das Knochengewebe die von Barth der Ollierschen Lehre gegenüber gestellte Auffassung zu Recht besteht. Auch im menschlichen Körper stirbt frisch entnommenes transplantiertes Knochengewebe bei makroskopisch glatter Einheilung ab. Die Knochenhöhlen des Transplantats werden überwiegend leer oder von geschrumpften Zellen erfüllt gefunden; das betreffende Knochengewebe ist also als tot zu betrachten. Auch darin, daß das tote Knochengewebe allmählich durch lebendes neugebildetes ersetzt wird, konnte Axhausen Barth bestätigen. Hingegen kam er in Bezug auf das Ueberleben des mitüberpflanzten Periosts und die Art und Weise des Knochen-

ersatzes zu abweichenden Anschauungen. Im Gegensatz zu Barth, der annahm, daß das Periost ebenso wie der überpflanzte Knochen abstürbe, glaubte Axhausen den Beweis für das Ueberleben des Periosts dadurch erbracht, daß man es, anders als der überpflanzte Knochen, in Bezug auf Form und Farbefähigkeit der Zellen in keiner Weise verändert findet. Ferner liefert das zwischen Periost und Knochen angelagerte neugebildete Knochengewebe, das mit der Proliferationsschicht des Periosts in innigem Zusammenhang steht, deutliche Zeichen der Funktion und des Lebens desselben. Auch die Beteiligung des mitüberpflanzten Marks an der Knochenneubildung ist zu erkennen. Im Gegensatz hierzu ist der überpflanzte tote Knochen bei seinem Ersatz nur auf das umgebende ossifikationsfähige Gewebe angewiesen, durch das sich die Substitution naturgemäß bedeutend langsamer vollziehen wird.

Demnach ließ sich Barths Lehre von der Gleichwertigkeit lebenden und toten Knochenmaterials für die Transplantation nicht mehr aufrecht erhalten. Olliers Behauptung über den fundamentalen Unterschied zwischen lebendem periostgedecktem artgleichem Knochen und jedem anderen Knochenmaterial kam wieder zu ihrem Recht und es zeigte sich, daß das, was Ollier für den tierischen Organismus nachgewiesen hatte, auch in vollem Umfange für den Menschen galt. Der Unterschied zwischen lebendem und totem Knochen war aber nicht, wie Ollier annahm, im Knochen selbst begründet, sondern beruht nach Axhausen einzig und allein im Periost.

Zusammengefaßt besagen die Untersuchungsergebnisse Axhausens Folgendes. Als Tranplantationsmaterial steht weit voran der frisch entnommene periostgedeckte Knochen desselben Individiums. Dieser ist jedem anderen Material weit überlegen. In mäßigem Abstand folgt der frisch entnommene periostgedeckte Knochen eines anderen Individuums der-

selben Spezies. In weitem Abstande folgen dann der periostlose lebende Knochen vom selben und von einem anderen Individuum derselben Spezies. Dann folgt der artfremde periostgedeckte lebende Knochen und zuletzt der tote Knochen. Der transplantierte Knochen, auch wenn er frisch entnommen ist, und auch wenn er samt Periost und Mark transplantiert wird, verfällt der Nekrose. Aber das deckende Periost behält in hohem Grade die Eigenschaft des Ueberlebens und die Fähigkeit neuen Knochen zu bilden. Das Markgewebe teilt diese Fähigkeit. Jedoch gilt dies in vollem Umfange nur für die Autotransplantation, in beschränktem Umfange für die Verwendung von Knochenmaterial eines anderen Individuums derselben Spezies (Homoplastik), gar nicht bei solcher eines Individuums anderer Spezies (Heteroplastik). Das Verhalten der transplantierten Knochenstücke verschiedener Natur im Organismus ist durchaus verschieden. Nur der tote Knochen spielt die Rolle eines Fremdkörpers; er wird eingekapselt oder resorbiert oder, wenn ossifikationsfähiges Gewebe in der Umgebung vorhanden ist, langsam durch neugebildetes Knochengewebe ersetzt. Der lebende periostgedeckte artgleiche Knochen tritt durch Wucherung des Periots rasch in innige organische Beziehungen zu der Umgebung und wird sehr bald von neugebildetem Knochengewebe umgeben und durchwachsen. Nach alledem kommt als Quelle des neugebildeten Knochens in erster Linie das deckende Periost und das anhaftende Mark, in zweiter Linie auch das ossifikationsfähige Gewebe der Nachbarschaft in Betracht. Der Ersatz des abgestorbenen durch neugebildeten Knochen erfolgt durch auf einander folgende Resorption und Apposition.

In den folgenden Jahren ergänzte Axhausen seine Untersuchungen durch neue und fügte den früheren Ergebnissen einige wichtige Einzelheiten hinzu. So kam er zu dem Ergebnis, daß periostgedeckte Röhrenknochenstücke periost-

gedeckten Schädeldachstücken vorzuziehen sind. Er fand, daß durch anhaftende Muskeln selbst in dünner Schicht das Ueberleben und die Wiederherstellung der knochenbildenden Fähigkeit des darunter liegenden Periostes durch Ernährungsstörung unmöglich oder doch schwer beeinträchtigt wird. Um die Kommunikation des Periosts mit der Umgebung zu erleichtern, ist es von großem Nutzen das deckende Periost mit ergiebigen Längsinzisionen zu versehen. Weiter fand er, daß periostgedeckte längshalbierte oder wandständig mit Eröffnung der Markhöhle resezierte Knochenstücke geschlossenen Röhrenknochenstücken überlegen sind. Es ist nicht nötig bei eintretender Eiterung das Transplantat zu entfernen, sondern es ist abzuwarten, ob es zur Sequestrierung kommt, die sich oft wie am lebenden Knochen abspielt und nur zur Ausstoßung kleiner Teilstücke führt. Aber auch selbst wenn das ganze Transplantat ausgestoßen wird, kann das erhaltene Periost doch den gewünschten Erfolg herbeiführen. Sehr wichtig war ferner die Feststellung, daß periostgedeckter wandständig mit Eröffnung der Markhöhle resezierter Röhrenknochen von toten Individuen derselben Spezies innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Tode ein gutes Transplantationsmaterial darstellt. Nach Axhausen kann toter und sogar mazerierter Knochen ausnahmsweise einheilen. Die Schwierigkeit ihn einzuheilen liegt hauptsächlich darin, daß er als toter Fremdkörper durch das Fehlen der als Bindeglied dienenden Elemente, des Periosts und Marks, lange Zeit ohne organische Verbindung mit dem Mutterboden bleibt und deswegen auch einer erhöhten Infektionsgefahr unterliegt.

Auch über die merkwürdig erhöhte Tätigkeit des Periosts nach der Ueberpflanzung hat Axhausen Betrachtungen angestellt und gibt als Grund dafür an, daß der organische Zusammenhang des lebenden Periosts mit dem von ihm nutritiv abhängigen, nunmehr abgestorbenen Knochen den

Reiz für die Knochenneubildung abgibt, daß mit anderen Worten die Knochenneubildung die Folge der Wirkung der aseptischen Knochennekrose auf das umgebende ossifikationsfähige Gewebe ist.

Durch alle diese Feststellungen Axhausens wurden nun die schon lange erkannten Vorzüge des lebenden periostgedeckten artgleichen Knochens vor jedem anderen Transplantationsmaterial in erschöpfender Weise erklärt und den gemachten praktischen Erfahrungen eine befriedigende theoretische Grundlage gegeben. Barth selbst bekannte sich uneingeschränkt zu der Auffassung Axhausens und begrüßte es, daß nun endlich auf diesem lange umstrittenen Gebiete Klarheit geschaffen sei. Der volle Tag der osteoplastischen Chirurgie beginne erst jetzt und die Fremdkörpertheorie im Sinne Glucks sei endgültig zurückgedrängt und durch die großartigen Leistungen der Autoplastik in den Schatten gestellt.

Sehr zahlreich sind in der folgenden Zeit die Berichte über günstige Erfolge von Knochentransplantationen, bei denen entsprechend den Darlegungen Axhausens fast ausschließlich auto- oder homoplastisch verfahren werde. Diese Transplantationen erstreckten sich nicht nur auf die Diaphysen der Röhrenknochen, sondern betrafen auch die Gelenkenden, ja ganze Gelenke. So resezierte Buchmann das Ellbogengelenk wegen knöcherner Ankylose und ersetzte es durch das uneröffnete erste Metatarsophalangealgelenk vom selben Individuum. Von noch größerer Bedeutung waren die homoplastischen Kniegelenkstransplantationen Lexers. Lexer transplantierte mit ausgezeichnetem Erfolge in mehreren Fällen Kniegelenke frisch Amputierter als Ersatz synostotischer Kniegelenke. Desgleichen konnten alle, die Axhausens Untersuchungsergebnisse experimentell und histologisch nachprüften, sie in vollem Umfange bestätigen. Nur

einmal noch versuchte Kausch für den toten Knochen eine Lanze zu brechen. Er berichtete 1910 von einem bereits 1902 operierten Fall, zu einer Zeit, wo noch allgemein Barths Lehre galt. Es handelte sich um ein myelogenes Sarkom des Tibiakopfes bei einer 19 jährigen Patientin. Der Tibiakopf mit Periost und Gelenkfläche wurde entfernt, ebenso die Gelenkflächen des Oberschenkelknochens. Als Ersatz wurde eine Tibia benutzt, die am Tage vorher durch Oberschenkelamputation wegen frischen schweren Traumas gewonnen worden war. Diese Tibia wurde sofort aseptisch herauspräpariert, das Periost abgeschabt, die Epiphysen abgesägt und das Mark ausgekratzt. Der Knochen wurde dann mit Alkohol und Aether behandelt und ausgekocht. Von diesem Knochen wurde ein Stück von 8 cm Länge abgesägt und durch passende eingerammte Elfenbeinröhren zwischen den Sägeflächen zur Deckung des Defekts fixiert. Die Einheilung ging glatt von statten und auch Konsolidation trat ein. Nach 3/4 Jahren mußte das Bein wegen Rezidivs amputiert werden. Bei der makroskopischen und mikroskopischen Untersuchung des Präparats zeigte sich, daß das Transplantat mit den anstehenden Knochen in feste knöcherne Verbindung getreten war. Ueber dem ganzen Transplantat hatte sich das damals mitresezierte Periost wieder neu gebildet. Der transplantierte tote Knochen war in Resorption begriffen; ihr parallel gehend war aber überall im toten neuer Knochen gebildet worden. Nach alledem hält Kausch den menschlichen toten Knochen für ein durchaus brauchbares Transplantationsmaterial. Im Anschluß daran äußerte sich Axhausen, daß zwar die Möglichkeit einer Einheilung artgleichen toten Knochens bestände, daß ihm aber der artgleiche frische periostgedeckte Knochen darin wesentlich überlegen sei.

Noch weiter als Kausch ging Küttner. Er berichtete 1912 über einen Fall, bei dem wegen Knochenzysten der

obere Teil des Oberschenkelknochens samt dem Hüftgelenkskopf entfernt werden mußte. Der Defekt wurde durch die entsprechenden Knochenteile einer Leiche ersetzt. Der Knochen wurde 11 Stunden nach dem Tode entnommen und 24 Stunden in warmer Kochsalzlösung aufbewahrt. Die Transplantation lag zur Zeit des Berichts 1½ Jahre zurück. Der Patient ging ohne Prothese mit beweglichem Hüftgelenk. Im Röntgenbild waren keine Erscheinungen von Resorption oder Atrophie am Transplantat zu sehen. Auch einen gelungenen Fall von Heteroplastik konnte Küttner auf dem Chirurgenkongreß 1913 vorstellen. Es handelte sich um ein Kind mit kongenitalem Fibuladefekt, der durch Ueberpflanzung des Wadenbeins eines jungen Javaaffen gedeckt wurde. Die Operation lag über ein Jahr zurück. Das Röntgenbild ergab, daß die Affenfibula völlig eingeheilt war; es war keine Spur von Resorptionsvorgängen zu erkennen und die mitübertragene Epiphysenlinie war scharf erhalten geblieben. Danach könnte es scheinen, als ob die Verwendung einmal des toten artgleichen und dann des lebenden artfremden Knochens als Transplantationsmaterial doch nicht so durchaus abzulehnen sei. Vielleicht hat die Transplantation aus dem Affen insofern eine besondere Bedeutung, als durch die spezifische Blutreaktion eine ziemlich weit gehende Blutsverwandtschaft zwischen Mensch und Affe nachgewiesen ist. Vergleicht man jedoch die Resultate der Auto- und Homoplastik mit denen der Heteroplastik im allgemeinen, so stellt sich heraus, daß es sich bei letzteren um ganz vereinzelte auf einer besonders günstigen Konstellation aller mitwirkenden Faktoren beruhende Erfolge handelt, die in gar keinem Verhältnis zu den zahlreichen, unter einigermaßen günstigen Umständen mit großer Sicherheit eintretenden Erfolgen der Auto- und Homoplastik stehen.

Baschkirzew und Petrow veröffentlichten 1912 die Ergebnisse ihrer umfangreichen Untersuchungen, die in gewisser

Beziehung der Auffassung Axhausens widersprachen. Wohl gaben sie die Ueberlegenheit des lebenden periostgedeckten Knochen zu, glaubten aber durch zahlreiche Tierversuche festgestellt zu haben, daß die Mitüberpflanzung des Periosts und Marks für die Regeneration eines in Muskellager transplantierten Knochens nicht unbedingt erforderlich wäre. Die Regeneration erfolge auch ohne Periost in weiten Grenzen. Der periostlos in ein Muskellager transplantierte Knochen verfällt durchaus nicht immer der Resorption, er kann vielmehr einheilen und durch Knochen ersetzt werden. Als Hauptquelle für diese Regeneration sind junge bindegewebige Elemente anzusprechen, die den Knochen umwachsen, ihn überall durchdringen und zu Osteoblasten und Knochenzellen metaplasieren.

Noch stärker von Axhausen wichen die Ansichten Macewens ab, die er 1913 veröffentlichte. Sie basieren auf Tierversuchen und klinischen Erfahrungen. Nach Macewen hat das Periost überhaupt keine knochenbildende Fähigkeit. Die Knochenbildung bei der Transplantation geht vielmehr von den Knochenzellen aus, die sich in Osteoblasten umwandeln. In dieser Weise vollzieht sich auch das normale Knochenwachstum. Das Periost ist kein Knochenbildner, sondern nur eine Grenzmembran für die Osteoblasten, die aus dem Innern des Knochens auf die Oberfläche gelangen und dort ihre knochenbildende Tätigkeit entfalten. Bei isolierter Periosttransplantation und nach subperiostalen Knochenresektionen fand Macewen keine Knochenneubildung, hingegen stets bei der Ueberpflanzung periostlosen Knochens, und zwar nach seiner Meinung ausgehend von den Zellen eben dieses Knochens. Nach Macewen leben transplantierte Diaphysenstücke weiter und proliferieren in ihrer neuen Umgebung; die proliferative Fähigkeit der Knochenzellen ist nach ihm ebenso groß wie die der Epithelzellen.

Den Gegensatz zwischen den Anschauungen Axhausens und diesen neu aufgestellten Behauptungen machten Mayer und Wehner wiederum zum Gegenstand ausführlicher Versuche, deren Ergebnisse sie 1914 in einer zusammenfassenden Arbeit über die Bedeutung der einzelnen Komponenten des Knochengewebes bei der Regeneration und Transplantation von Knochen niederlegten. Im Einzelnen wollten sie folgende Fragen beantworten. Inwieweit behalten die Knochenzellen des Transplantats ihre Lebensfähigkeit und, haben diese fertigen Knochenzellen überhaupt noch proliferative Fähigkeiten. Weiter sollte die Bedeutung des überpflanzten Periosts und die des Lagerbindegewebes vergleichend untersucht werden. Endlich sollte der Prozeß, durch welchen der transplantierte Knochen durch neuen ersetzt wird, in seiner Eigenart festgestellt werden. Die Versuche waren ausschließlich autoplastische. Als Versuchstiere dienten Kaninchen und Hunde. Mayer und Wehner kamen zu dem Ergebnis, daß das Periost die spezifische Eigenschaft hat, Knochen zu bilden im Gegensatz zu den fertigen Knochenzellen, die dazu unfähig sind. Gleiche Bedeutung wie dem Periost kommt dem Endost zu, wenn auch im geringerem Umfange. Makroskopisch periostloser Knochen kann zwar einheilen, weil Periostzellen an ihm haften geblieben sind, nicht weil die Knochen- oder Bindegewebzellen nach Metaplasie in Osteoplasten Knochen gebildet haben. So weit stimmen die Untersuchungsergebnisse vollständig mit denen Axhausens überein. Dagegen tun sie dies nicht in der Frage des Knochenersatzes. Nach Mayer und Wehner läßt sich durch lakunäre Resorption und darauffolgende wandständige Apposition die Umwandlung des transplantierten Knochens nicht erklären. Eine bedeutende Rolle spielt vielmehr dabei der schleichende Ersatz, wie ihn schon früher Marchand beschrieben hatte. Die jungen Knochenzellen

zeigen direkte Kernteilung. Sie lösen den alten Knochen auf und bilden neuen Knochen. Dieser dringt in den nekrotischen Knochen ein und substituiert ihn. Praktisch lieferten also diese Feststellungen bis auf den letzten nur theoretisch interessierenden Punkt eine neue Bestätigung der Lehre Axhausens, die auch heute noch ihre volle Geltung hat.

Im Folgenden sollen die allgemeinen Verhaltungsmaßregeln bei der Knochentransplantation, wie sie heute praktisch gehandhabt werden, kurz erörtert werden. Zunächst war die Frage zu beantworten, woher der einzupflanzende Knochen am besten zu entnehmen ist. Wird homoplastisch verfahren, so bietet dieser Punkt keine Schwierigkeiten, denn es wird sich dann immer durch Amputation oder von frischen Leichen gewonnenes Material beschaffen lassen. Anders bei der Autoplastik. Handelt es sich um Deckung größerer Defekte, so steht in diesem Falle eigentlich nur ein Knochen zur Verfügung, der die Entnahme erheblicherer Knochenteile durch seine Maße und durch seine oberflächliche Lage gestattet, die Tibia. Weitaus der größte Teil aller Transplantate wird denn auch diesem Knochen entnommen. Es hat sich dabei gezeigt, daß an der Entnahmestelle in der Regel keine völlige Regeneration des entfernten Knochens eintritt, was für die Funktion des betreffenden Knochen von weittragender Bedeutung werden kann und bei der Entnahme berücksichtigt werden muß.

Bier hat über diesen Gegenstand interessante Untersuchungen angestellt. Gewöhnlich wird die Haut über dem Defekt der Entnahmestelle in weiten Abständen genäht und durch einen komprimierenden Verband in den Defekt eingestülpt. Darauf erfolgt regelmäßig eine nur geringe Regeneration des Knochens. Näht man dagegen wie Bier angibt, die Haut über dem Defekt ganz dicht und läßt diesen unter Vermeidung eines komprimierenden Verbandes voll

Blut laufen, so tritt immer eine vollkommene Regeneration des Knochens ein. Der Reiz einer Funktion kommt für diese Regeneration nicht in Getracht, vielmehr trittt uns hierbei nach Bier ein Teil jener Fähigkeit entgegen, die bei niederen Wirbeltieren noch ganze Extremitäten zu ersetzen imstande ist.

Die Entnahme des einzupflanzenden Knochens muß möglichst schonend geschehen, am besten mit einer feinen Säge, da bei Entfernung mit dem Meißel immer eine Krümmung nach der Periostseite erfolgt. Besonders ist darauf zu achten, daß das Periost sich nicht vom Knochen ablöst. Weiter ist es von Wichtigkeit den zu transplantierenden Knochen sorgfältig von allen anhaftenden Gewebsteilen zu befreien, um so möglichst günstige Ernährungsverhältnisse für ihn zu schaffen. Es ist selbstverständlich den Knochen erst möglichst kurz vor der Transplantation zu entnehmen und ihn außerhalb des Körpers vor allen Schädigungen zu bewahren. Manche Chirurgen bewahrten ihn in dieser Zeit in warmer physiologischer Kochsalzlösung oder damit getränkten Tupfern auf, andere verwandten dazu schwach antiseptische Lösungen wie 3 % Borsäure oder gar Sublimat, ein Verfahren, das heute ganz verlassen sein dürfte. Lexer vermeidet bei seinen Gelenktransplantationen jede Berührung des Knochens mit Flüssigkeit und es ist jetzt ziemlich allgemein üblich den Knochen in einem trockenen sterilen Topf aufzubewahren.

In der Regel erfolgt die Ueberpflanzung des Knochens in ein knöchernes Lager, seltener in Weichteile, wie z. B. bei der Daumenplastik oder bei dem Ersatz kongenitaler Defekte der Röhrenknochen. Das Lager ist so herzurichten, daß die Zirkulationsverhältnisse desselben möglichst günstig sind, bindegewebige Schwielen und Kullesmassen sind zu entfernen. Um eine enge Verbindung mit dem Lagerknochen

zu gewährleisten, sind dessen Enden anzufrischen oder Höhlen auszumeißeln. Bei der Einpflanzung in Weichteile empfiehlt es sich das Transplantat allseitig mit Periost zu umgeben, da sonst an den periostfreien Stellen resorptive Vorgänge einsetzen.

Wichtig ist die Fixation des eingepflanzten Knochens in seinem neuen Lager. Der Knochen kann sich von selbst halten und braucht nicht weiter befestigt werden bei der Transplantation in Weichteile oder wo es sich um die Ausfüllung von Knochenhöhlen handelt. Meistens muß aber eine besondere Befestigung vorgenommen werden. Die gewöhnlichste ist das Einkeilen oder Einrammen in die Markhöhle der den Defekt begrenzenden Knochenstümpfe. Gleichfalls sehr häufig wird die Befestigung des überpflanzten Knochens durch versenkte Seiden- oder Katgutnähte bewerkstelligt. Dabei wird entweder das Periost des Transplantats an das des Lagerknochens oder an die umgebenden Weichteile fixiert oder diese nur eng um dasselbe zusammengezogen. Das ist an und für sich von großer Wichtigkeit um tote Räume zu vermeiden, die eine schwere Gefahr für die Ernährung des Transplantats bedeuten würden. Viel geübt wird ferner die Befestigung des überpflanzten Knochens durch Aluminiumbronze- oder Silberdraht, wobei einmal Knochen an Knochen, oder aber dieser am Periost oder an den Weichteilen befestigt wird. Lexer verwendet keinen Draht, da nach seiner Meinung dadurch eine Fremdkörperreizung hervorgerufen wird, die zu einer übermäßigen Wirkung der einheilenden Gewebskräfte führt und dadurch die Gefahr der Resorption für den Knochen vergrößert. Andere Beobachter haben keinen Schaden von der Drahtfixation gesehen. Als letzte Befestigungsart kommt die durch einen ebenfalls frei transplantierten Knochenbolzen in Betracht, der zur einen Hälfte in den Lagerknochen, zur anderen in das Transplantat zu liegen kommt.

Sehr wichtig für das Gelingen einer Knochentransplantation ist die Beobachtung strengster Asepsis dabei. Deswegen muß mit der Transplantation gewartet werden, bis aseptische Wundverhältnisse vorliegen. Auch ist bei der Operation von der Verwendung irgendwelcher Desinfizientien, die die Vitalität der Gewebe schädigen könnten, abzusehen. Trotzdem kommt es, wenn auch alles dies peinlich beobachtet wird, wegen der Schwierigkeit und Länge der Operation häufig zu Infektionen nach Knochentransplantationen. Es hat sich nun gezeigt, daß das Eintreten einer Infektion durchaus nicht gleichbedeutend mit einem Mißlingen der Transplantation sein braucht, sondern in den meisten Fällen kommt es doch noch zur Einheilung, oder es findet nur eine teilweise Ausstoßung des Transplantats statt.

Große Sorgfalt erfordert die Nachbehandlung der Knochenüberpflanzungen. Das überpflanzte Knochenstück muß Ruhe und Zeit haben, um anwachsen zu können; eine exakte Ruhigstellung des betreffenden Körperteils bis zur Konsolidation, die oft recht lange Zeit in Anspruch nimmt, ist dazu unbedingt erforderlich.

Das Anwendungsgebiet der Knochentransplantation ist recht groß. Sie kommt zunächst einmal in Frage bei Höhlenbildungen, wie sie z. B. als Folge der Osteomyelitis auftreten. Für diese Höhlen, die sich von selbst nur sehr langsam schließen, hat man schon lange nach einem geeigneten Füllmaterial gesucht, und die verschiedenartigsten Stoffe sind zu diesem Zwecke versucht und empfohlen worden. Am meisten davon eingebürgert hat sich heute die Mosetig-Moorhofsche Jodoformplombe, mit der recht gute Resultate erzielt werden. In vielen Fällen ist der frei überpflanzte lebende Knochen wohl geeignet ihre Stelle einzunehmen. Macewen, Poncet und Axhausen haben wiederholt mit Erfolg viele kleine Stückchen lebenden Knochens

zur Füllung von Knochenhöhlen verwandt. Weiter kommt in Betracht die Deckung von Defekten der Schädelknochen, die zu den ältesten Anwendungsarten der Knochenüberpflanzung gehört.

Die häufigste Verwendung findet die Knochenüberpflanzung bei Defekten der Röhrenknochen, wie sie sich nach komplizierten Frakturen, nach Osteomyelitis und nach Resektionen bei Tuberkulose und Tumoren ergeben. Von den bis jetzt in der Literatur veröffentlichten Fällen von Knochentransplantation bei Defekten der langen Röhrenknochen betreffen weitaus die größte Anzahl die Tibia; es folgen dann in erheblichem Abstande der Reihe nach Femur, Humerus, Ulna und Radius. Die Ursache der Defekte war bei weitem am häufigsten das Sarkom; in mäßigem Abstande folgen Defekte infolge von Osteomyelitis, in weitem solche nach komplizierten Frakturen (Pseudarthrosen) und Zysten. Auch bei Defekten der kurzen Röhrenknochen hat sich die freie Knochentransplantation sehr bewährt. In der Aetiologie der Defekte spielt hier die Hauptrolle die Tuberkulose in Gestalt der Spina ventosa, vereinzelt kommen auch Fälle von Sarkom und Panaritium in Frage.

Die Knochentransplantation leistet ferner gute Dienste bei der Verlängerung eines Knochens, wie sie bei kongenitalen Wachstumsstörungen, bei solchen nach Rhachitis und nach Schädigungen der Epiphysengrenze notwendig werden kann. Die Verlängerung kann einmal bewirkt werden durch Ostectomie, Distraktion der Knochenenden und Dazwischenlagerung eines frei überpflanzten Knochenstücks. Diese Methode ist zweifellos der einfachen schrägen Osteotomie mit Distraktion überlegen. Weiter könnte die Verlängerung eines Knochens möglicherweise durch Einpflanzung der Epiphysenfuge eines noch im Wachstum befindlichen Knochens erreicht werden.

Das Verhalten der Epiphysenfuge innerhalb eines frei verpflanzten Knochenstücks ist von verschiedenen Forschern zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht worden. Diese haben zum Teil zu ganz abweichenden Resultaten geführt, so daß nach Lexer in dieser Frage noch keine Klarheit herrscht; er vermutet aber, daß die Knorpelfuge unter günstigen Verhältnissen erhalten bleiben und ähnlich wie das Periost und Knochenmark weiter funktionieren kann. Einen hierher gehörigen Fall teilte 1915 Jost mit. Es handelte sich um ein vierjähriges Kind, dem wegen Sarkom das obere Tibiadrittel reseziert wurde. Der obere Resektionsschnitt verlief in der Epiphysenlinie. In den Defekt wurde ein entsprechendes Knochenstück aus der anderen Tibia transplantiert, das in die beiden Fragmente eingekeilt wurde. Das distale Ende des Transplantats trat in feste Verbindung mit der Tibia, während sich am proximalen Ende, an der Epiphysenlinie, eine Pseudarthrose ausbildete. Erst nachdem durch eine zweite Transplantation eine ausgiebige Berührungsfläche zwischen Transplantat und Epiphysie geschaffen war, trat Knochenneubildung und Konsolidation ein; erstere ging, wie sich durch Röntgenbilder einwandfrei feststellen ließ, in der Hauptsache von der Epiphyse aus. Jost schließt daraus, daß der vom Transplantat ausgehende Reiz die Epiphyse zum Wachstum angeregt hat, entsprechend dem physiologischen, funktionellen Reiz, der sonst von der normalen Tibiadiaphyse ausgegangen wäre. Er vermutet, daß damit das normale Längenwachstum der Tibia wieder eingesetzt hat. Da zur Zeit des Berichts erst 1½ Jahre nach der Tranplantation vergangen waren, ließ sich noch nichts Endgültiges aussagen.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Knochenverpflanzung stellt die Versteifung von Gelenken dar an Stelle der sonst üblichen einfachen Arthrodese. Sie fällt zusammen

mit der blutigen Fixation von Knochen mit Hilfe der freien Knochentransplantation überhaupt bei Pseudarthrosenbildung, wie sie nach komplizierten Splitterfrakturen oder infolge mangelhafter Kallusbildung auftritt. Das einfachste Verfahren den entstandenen Kontinuitätsdefekt zu ersetzen besteht in der Interposition eines frei transplantierten Knochenstücks, das durch Periost- oder Drahtnähte fixiert wird. Eine weitere Methode, die von Axhausen angegeben wurde, ist die Verwendung des überpflanzten Knochenstücks als lebende Schiene der durch Drahtnähte an einander befestigten Bruchenden. Viel angewendet wird ferner in neuerer Zeit die von Lexer angegebene Methode durch Bolzung der Fragmente. Zu diesem Zwecke wird ein entsprechendes Knochenstück an beiden Enden zugespitzt und beiderseits in die Markhöhle der Bruchenden eingekeilt, wodurch eine gute Fixation derselben erreicht wird.

Großartige Erfolge, die besonders Lexer zu verdanken sind, hat die freie Knochenüberpflanzung beim Ersatz von Gelenkteilen und sogar ganzen Gelenken errungen. So ist es gelungen beim Fehlen einer Gelenkhälfte die Gelenkfunktion in beschränktem Umfange schon durch die einfache Einpflanzung eines Knochens zu erhalten. Es hat sich dabei gezeigt, daß der einer Gelenkfläche gegenüber befindliche überpflanzte Knochen sich in weiten Grenzen umformen und funktionell anpassen kann. Mehr Erfolg verspricht der Ersatz der fehlenden Gelenkhälfte durch eine ebensolche, sei es autoplastisch oder homoplastisch. Streißler teilt einen Fall mit, bei dem wegen Sarkom der obere Teil der Tibia samt Gelenkfläche exstirpiert wurde. Um eine neue Gelenkfläche zu bilden, wurden die beiden Femurkondylen abgesägt, mit der Markseite aneinander fixiert und mit der proximalen Seite in den Tibiastumpf eingefügt. Durch das Eintreten einer Infektion wurde jedoch das Resultat ver-

eitelt. Lexer benutzte zum selben Zweck die entsprechenden Gelenkteile Amputierter, ebenso wie er deren ganze Gelenke zur Mobilisierung ankylotischer Gelenke verwandte. Ueber die primäre Mitüberpflanzung der Synovialis sagt Lexer, daß sie zwar das Einwachsen von Bindegewebe zwischen die Gelenkenden verhüte, daß sie aber auch andererseits die allseitige Ernährung des transplantierten Knochens verhindere, was zu Nekrosen desselben führen kann. Deswegen empfiehlt Lexer die primäre Synovialisüberpflanzung nur bei Kindern, bei Erwachsenen hingegen die sekundäre Ueberpflanzung wirklicher Synovialis, da sich Hydrozelenhaut oder Peritoneum (Netz) als ungeeignet erwiesen haben.

Schließlich leistet die Knochentransplantation Hervorragendes bei jeder Art plastischen Ersatzes von Skelettteilen. Hierbei sind in erster Linie zu erwähnen die mannigfachen Verfahren zum Ersatz des knöchernen Nasengerüsts, ferner diejenigen, die zur Deckung von Defekten der Gesichtsknochen überhaupt dienen. Unter anderem findet die Knochenüberpflanzung noch Anwendung bei der Daumenplastik. Nikoladoni empfahl in einem aus der Brusthaut gebildeten Daumen ein entsprechendes Tibiastück einzuheilen und in einem Falle einen guten funktionellen Erfolg.

Erstaunlich ist es, in welchem Umfange der überpflanzte Knochen sich im Laufe der Zeit durch die Funktion den Verhältnissen seines neuen Lagers in Bezug auf Form und Struktur anpassen kann. So hatte sich in dem Fall von Bier, bei dem fast der ganze Humerus durch ein Tibiastück ersetzt worden war, nach mehreren Jahren aus diesem ein Oberarmknochen mit Markhöhle gebildet, der palpatorisch und röntgenologisch nicht von einem normalen zu unterscheiden war. Dieselbe Tendenz zur Umformung im Sinne der Annäherung an die Gestalt des ursprünglich an der

Stelle des Defekts befindlichen Knochens wird bei allen Transplantaten beobachtet.

Auf S. 36—40 soll eine Uebersicht über 37 in den letzten 15 Jahren in der Chirurgischen Klinik der Charité ausgeführte Knochentransplantationen an Röhrenknochen gegeben werden.

Die Transplantationen betrafen 5 mal den Humerus, 8 mal die Ulna, 4 mal den Radius, 2 mal den Femur, 5 mal die Tibia, 1 mal die Fibula, 4 mal den Metacarpus, 2 mal den Metatarsus, 4 mal die Phalangen, 1 mal das Ellbogen- und 1 mal das Kniegelenk.

Die zu den Transplantationen veranlassenden Knochendefekte waren hervorgerufen 1 mal durch Karzinom (Fall 1), 5 mal durch Sarkom (Fall 2, 14, 18, 24, 29), 10 mal durch Tuberkulose (Fall 3, 13, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 35), 16 mal durch Pseudarthrosen, und zwar 11 mal infolge von Schußdefekten (Fall 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 21, 23), 3 mal infolge von Frakturen (Fall 6, 20, 22), 1 mal infolge von Osteomyelitis (Fall 7), 1 mal infolge von Gelenkresektion (Fall 37), 2 mal durch kongenitale Defekte (Fall 15, 25), 1 mal durch Ostitis fibrosa (Fall 19), 1 mal durch Panaritium (Fall 34), 1 mal durch Ankylose (Fall 36).

Die Ersatzknochenteile wurden entnommen 30 mal der Tibia, 5 mal der Fibula, 1 mal dem Metatarsus, 1 mal der Crista ossis ilei.

Sämtliche Transplantationen waren autoplastische, mit Ausnahme einer einzigen homoplastischen, bei der der Ersatzknochenteil der Tibia eines frisch Amputierten entnommen wurde (Fall 25).

Die Resultate der Transplantationen waren folgende: Bei Entlassung war Wundheilung und Konsolidation eingetreten bei 10 (Fall 4, 7, 11, 19, 21, 27, 31, 32, 33, 36), bei Entlassung war Wundheilung aber noch keine Konsoli-

Nr.	Name, Alter	Diagnose	Operation	Transplantation	Fixation	Verlauf	Ausgang
			Humsrus				
1	Olga T. 34 J.	Metastatisches Karzinon des r. Humeruskopfes	Resektion.	l. Metatarsale II.	Einfügung	Metastasen an der Resektionsstelle. Eiterung	Pseudarthrose. Entfernung
2	Hermann B. 71 J.	Sarkom der r. Diaphyse.	„	r. Fibula	Einkeilung	Prima intentio.	Nach 3 W. mit Gipsverband entlasssen
3	Henriette Sch. 62 J.	Tuberkulose des l. Schultergelenks.	Resektion des Humeruskopfes.	l. Fibula (8 cm).	Drahtnähte ans Schulterblatt.	Eiterung	Entfernung nach 7 Monaten
4	Max L. 22 J.	Schussfraktur l. Pseudarthrose.	Resektion der Bruchenden. Anfrischung.	r. Tibia (10 cm).	Periost-Periost Katgutnähte.	Prima intentio	Konsolidation nach 2 Monaten.
5	Bruno Sch. 36 J.	„	Hautplastik (Brust). Nach 2 Monaten Anfrischung und Transplantation.	r. Tibia (4 cm)	Silberdrahtnähte.	Eiterung	Pseudarthrose. Entfernung.
			Ulna				
6	Käte K. $1^3/_4$ J.	Alte Fraktur r. Defekt der Ulna Verbiegung des Radius.	Interposition eines 3 cm langen Knochenspans aus der rechten Tibia durch Einführung in die Ulnafragmente des Radius. Osteotomie des Radius.			Prima intentio.	In Heilung nach nacb 5 Wochen entlassen.
7	Werner T. $1^1/_2$ J.	Osteomyelitis l. Pseudarthrose. (2 cm Diastase)	Resektion des mittleren Drittels.	l. Tibia	Einfügung	Geringe Eiterung.	Heilung, Konsolidation.

8	Karl H. 37 J.	Schußfraktur l. Pseudarthrose (4 cm Diastase).	Resektion Anfrischung	r. Tibia (5 cm)	Silberdrahtnähte	Prima intentio.	Nach 3½ Mon. besteht noch abnorme Beweglichkeit. Entlassen.
9	Max Sch. 25 J.	Schußfraktur l. (8 cm Defekt).	Anfrischung	r. Tibia	Katgutnähte	Eiterung	Entfernung nach 2 Monaten.
10	Wilh. B. 32 J.	Schußfraktur. Defekt der l. unt. Ulnahälfte.	„	r. Tibia (6 cm)	Silberdrahtnähte	„	Entfernung nach 3 Monaten
11	Wilh. K. 19 J.	Schußfraktur l. (5 cm Defekt).	„	r. Tibia	„	Prima intentio.	Konsolidation nach 5 Monaten
12	Karl B. 26 J.	Schußfraktur l. (2 cm Defekt).	„	l. Tibia (5 cm)	Drahtnähte	Prima intentio.	Mit Gipshülse nach 2½ Mon. entlassen
13	Ruth H. 2 J.	Tuberkulose r.	Resektion des unteren Drittels.	r. Fibula	Weichteilnähte.	Eiterung.	Tod nach 4 Monaten an Kachexie.

Radius

14	Anna Sch. 42 J.	Myelogenes Sarkom l.	Resektion.	r. Crista ossis ilei (7×2cm).	Katgutnähte	in Prima intentio	Nach 25 Tagen Tod an Herzschwäche.
15	Heinz R. 2. J.	Kongenitaler Defekt beiderseits In 3 Sitzungen:	1. Transplantation eines 5 cm langen Knochenstücks aus der Tibia, das in die rechte Ulna eingekeilt wird. 2. Spaltung der distalen Ulnahälfte und Verlaperung eines Teils derselben radialwärts; Fixation durch Seidennähte. 3. Fixation des Transplantats an die verlagerte Ulnahälfte. 4. Links dieselben Operationen nach 40 Tagen.			Prima intentio.	Transplantat rechts angewachsen. Links in Heilung. 4 Mon. nach Op. r., 2 Mon. nach Op. l. entlassen.
16	Karl O. 22 J.	Schußfraktur l. Pseudarthrose.	Resektion Anfrischung.	r. Tibia	Einfügung.	Prima intentio.	Pseudarthrose Entfernung.

Nr.	Name, Alter	Diagnose	Operation	Pransplantation	Fixation	Verlauf	Ausgang
17	Bernhard A. 32 J.	Schußfraktur r. Pseudarthrose.	Anfrischung Resektion	l. Tibia	Drahtnähte	in Prima intentio	Nach 1 Monat in Heilung entlassen.
				Femur			
18	Theodor W. 55 J.	Fraktur bei Sarkom l.	Resektion des oberen Drittels	r. Fibula (13 cm)	Einkeilung	Eiterung	Tode nach 2 Wochen an Kachexie.
19	Käte K. 11 J.	Ostitis fibrosa l.	Wandständige Resektion des ob. äuss. Drittels.	r. Tibia (2 Späne, 8 und 4 cm).	Einfügung	Prima intent.	Nach 2 Monaten geheilt entlassen
				Tibia			
20	Kurt H. 21 J.	Fraktur r. Pseudarthrose.	Anfrischung	l. Tibia.	Bolzung Drahtnaht	„	Nach 4 Monaten mit Gipsverband entlassen.
21	Gustav H. 31 J.	Schußfraktur l. Pseudarthrose (1 cm)	Resektion der Bruchenden und Hautplastik.		Nach 4 Monaten r. Tibia (8 × 3 cm)	Periost-Periost-Naht.	Partielle Sequestrierung. Konsolidation.
22	August W. 41 J.	Fraktur l. Pseudarthrose.	Herüberklappen eines Periostknochenlappens vom oberen Fragment über den Defekt, Fixation desselben mit Katgutnähten.			Prima intentio	Nach 2 Mon. noch keine Konsolidation Mit Gipsverband entlassen.
23	Albert M. 38 J.	Schußfraktur r. (7 cm Defekt).	Anfrischung	l. Tibia (8 cm)	Weichteilnähte	„	Nach 3 Monaten mit Gipsverband entlassen.
24	Martha B. 30 J.	Sarkom l.	Resektion.	r. Tibia (7 cm)	Einkeilung	Prima intentio.	Nach 1 Mon. mit Gipsverband entlassen.

25	Herta Sch. $2^1/_2$ J.	Kongenitaler Defekt beiderseits.	Einlegen eines Knochenspans aus der Tibia eines frisch Amputierten zwischen Tibiakopf und Fußwurzel rechts; Fixation durch Silberdrahtnäte. Nach $^3/_4$ Jahren Spaltung des distalen Tibiaendes und Verlagerung eines Teils desselben lateralwärts und Vereinigung dieses Teils mit dem Transplantant durch Silberdrahtnähte.			Prima intentio.	Mit Gipsverband rechts entlassen.

Metacarpus

26	Sonja W. -S. 4 J.	Tuberkulose.	Exstirpation des r. Metacarpale IV.	r. Tibia	Periost- u. Weichteilnähte	Geringe Eiterung	Nach 2 Monaten verlegt.
27	Oskar P. $1^1/_4$ J.	„	Exstirpation des l. Metacarpale III.	l. Tibia	„	Geringe Absonderung	Heilung. — Konsolidation.
28	Malwine Sch. 11 J.	„	Exstirpation des l. Metacarpale III. u. d. r. Metacarpale IV.	l. Tibia	„	„	Nach 3 Wochen verlegt.
29	Hedwig Sch. 43 J.	Sarkom	Resektion des l. Metacarpale V.	l. Tibia	„	Ganz geringe Absonderung	Nach 2 Wochen entlassen.

Metatarsus

30	Erika D. 2 J.	Tuberkulose	Exstirpation d. r. Metatarsale I.	r. Tibia	„	Eiterung	A. W. entlassen.
31	Emil R. $5^1/_2$ J.	„	Exstirpation d. r. Metatarsale III und IV.	l. Tibia	„	Geringe Eiterung	Nach 2 Monaten geheilt entlassen.

Nr.	Name, Alter	Diagnose	Operation	Transplantation	Fixation	Verlauf	Ausgang
			Phalangen.				
32	Elisabeth Sch. 3 J.	Tuberkulose	Extirpation der Grundphalanx der r. großen Zehe.	r. Tibia	Periost u. Weichteilnähte	Prima intentio	Geheilt entlassen.
33	Max K. 2 J.	„	Exstirpation der Mittelphalanx des 1. kleinen Fingers, der distalen Hälfte der Grundphalanz d. l. Mittelfingers u. d. Mittelphalanx d. r. Zeigefingers.	l. Tibia	„	„	Geheilt entlassen
34	Elise H. 35 J	Phlegmone des r. Daumens.	Exstirpation der nekrot. Phalangen.	l. Tibia (5 cm)	Einfügung ins Metacarpale I .Weichteilnähte	Eiterung	Entfernung.
35	Walter W. $9^3/_4$ J.	Tuberkulose	Exartikulation der Mittelphalanx der 1. großen Zehe.	l. Tibia	Weichteilnähte	Geringe Eiterung	Nach 4 Monaten mit Gipsverband entlassen. Wunde geschlossen.
			Ellbogengelenk.				
36	Olga P. 27 J.	Alte Tuberkulose Ankylose r.	Resektion des Gelenks	Tibiaperiost auf die Enden von Humerus und Ulna	Katgutnähte	Prima intentio	Flexion bis 30°. Extension bis 106°.
			Kniegelenk				
37	Adelheid B. $3^1/_2$ J.	Pseudarthrose nach Resektion des Gelenks r.	Transplantat durch Silberdrahtnähte. Resektion von 10 cm Fibula desselben Beins und Transplantation derselben zwischen Femur und Tibia.			„	Nach 3 Mon. Konsolidation des Transplantats mit der Tibia noch nicht mit dem Femur. Mit Gipsverband entlassen.

dation eingetreten bei 13 (Fall 2, 6, 8, 12, 15, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 35, 37), bei Entlassung bestand Absonderung bei 4 (Fall 26, 28, 29, 30), Eiterung, die zur Entfernung führte, trat ein bei 7 (Fall 1, 3, 5, 9, 10, 16, 34), Tod an dem Grundleiden trat ein bei 3 (Fall 13, 14, 18).

Bei allen Transplantationen wurde nach streng aseptischen Maßnahmen verfahren. Die Ueberpflanzung wurde nur da vorgenommen, wo entweder von vornherein aseptische Wundverhältnisse vorlagen, wie bei den kongenitalen Defekten, bei Ostitis fibrosa und nach der Resektion von Tumoren, oder wo erwartet werden konnte, daß durch die Resektion oder Exstirpation alles infektiöse Material entfernt wurde, wie in den Fällen von Tuberkulose und Osteomyelitis. In allen anderen Fällen, bei denen eine Infektion bestand, die ihre Ursache in einer erheblichen Alteration und Zerstörung der den verletzten Knochen umgebenden Weichteile hatte, wie bei allen komplizierten Frakturen, wurde abgewartet, bis diese abgeklungen war, und dann versucht, in besonders schweren Fällen zunächst, durch Verpflanzung gesunder Weichteile aus der Umgebung ein zur Aufnahme des zu überpflanzenden Knochens möglichst geeignetes Lager zu schaffen. Erst nachdem dies erreicht war, wurde zur Transplantation geschritten.

Als Entnahmequelle diente in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Tibia (30), nur in 5 Fällen die Fibula. Um für den wegen Karzinom resezierten Humeruskopf einen einigermaßen gleichwertigen Ersatz zu schaffen, wurde einmal ein ganzer Mittelfußknochen benutzt, der auf der einen Seite zugespitzt in das Humerusfragment eingefügt wurde. Einmal wurde zum Ersatz eines Teils des wegen Sarkom resezierten Radius ein entsprechendes Stück der Crista ossis ilei verwandt.

Die Befestigung des überpflanzten Knochens in seinem neuen Lager wurde in etwa zwei Drittel der Fälle durch

einfache versenkte Nähte bewirkt, die zum Teil das Periost des Transplantats und das des Lagerknochens verbanden, in der Hauptsache aber dazu dienten, die umgebenden Weichteile unter Vermeidung der Bildung von Hohlräumen möglichst dicht um das Transplantat zu vereinigen; in einigen Fällen wurden auch die Knochen durch Silberdrahtnähte an einander fixiert. In einem Drittel der Fälle wurde die Befestigung des Transplantats noch verstärkt durch Einführen oder Einkeilen desselben in die Fragmente des Lagerknochens. In einem Fall wurde bei einer Tibia-Pseudarthrose eine Bolzung durch ein frei transplantiertes Knochenstück aus der anderen Tibia vorgenommen. Bei einem Fall von Pseudarthrose wurde versucht die Vereinigung der Bruchenden durch Herüberklappen eines Periostknochenlappens von einem zum anderen Fragment herbeizuführen. Nach allen Transplantationen wurden die betreffenden Gliedmaßen durch gefensterte Gipsverbände ruhig gestellt.

Betrachten wir nun die Resultate der Transplantationen, so ergeben sich in der Beurteilung ihres endgültigen Schicksals mancherlei Schwierigkeiten. Nur in 10 Fällen, bei denen die Heilung verhältnismäßig schnell erfolgte, war bei der Entlassung schon vollständige Konsolidation eingetreten. In 13 weiteren Fällen war bei der Entlassung zwar schon eine vollkommene Heilung der Weichteilwunden erfolgt, es bestand jedoch noch keine vollständige feste knöcherne Vereinigung zwischen Transplantat und Lagerknochen. Es waren dies die Fälle, die von vornherein einen aseptischen Wundheilungsverlauf nahmen, und bei denen mit großer Wahrscheinlichkeit auf eine schließliche Konsolidation gerechnet werden konnte. Bei 4 Fällen bestand bei der Entlassung noch eine geringe Absonderung. Hier ist nicht mit Sicherheit vorauszusagen, wie das endgültige Resultat sich gestalten wird, wenn schon, wie bereits früher erwähnt, die Sekretion an und für sich keineswegs etwa einen unter allen Umständen

ungünstigen Ausgang einleiten bracht. In 7 Fällen machte chronische Eiterung die Entfernung des Transplantats notwendig. Bei diesen Fällen bestanden von vornherein sehr sehr ungünstige Bedingungen für das Gelingen der Tranplantation. In vier dieser Fälle handelte es sich um große Kontinuitätsdefekte nach Schußfrakturen, die mit ausgedehnten Zerstörungen der benachbarten Weichteile gepart waren. Der fünfte Fall betraf ein metastisches Karzinom des Humeruskopfes, das an der Transplantationsstelle rezidivierte; der sechste eine ausgedehnte Tuberkulose des Schultergelenks und der siebente den Defekt eines Daumens nach Panaritium. Der schlechte Allgemeinzustand in der Mehrzahl dieser Fälle und die überaus ungünstigen Ernährungsverhältnisse des Lagers infolge von umfangreicher Narben- und Schwielenbildung und die dadurch bedingte erhöhte Neigung zu Infektionen erklären zur Genüge die Mißerfolge. In drei Fällen führte das Grundleiden, zweimal Sarkom und einmal Tuberkulose, zum Tode.

Wir sehen an der Zusammenstellung dieser Fälle zugleich die Grenzen, die der Knochentransplantation an den Röhrenknochen gesteckt sind. Weit überwiegen jedoch die Fälle, bei denen die Versuche, die so wichtigen Röhrenknochen funktionell zu ersetzen, zu einem vollen Erfolge führen. Viele Gliedmaßen, die früher geopfert werden mußten, können heute dank der Knochentransplantation erhalten werden und ihren Zweck weiter erfüllen.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Dr. Köhler für die freundliche Anregung zu der vorliegenden Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur

1. **Axhausen,** Histologische Untersuchungen über Knochentransplantationen am Menschen. D. Zeitschr. f. Chir. 1908. Bd. 91. S. 388.
2. —, Die patholog.-anato. Grundlagen der Lehre von der freien Knochentransplantation beim Menschen und beim Tiere. Med. Klinik 1908. Beiheft 2.
3. —, Die histol. und klin. Gesetze der freien Osteoplastik auf Grund von Tierversuchen. Arch. f. klin. Chir. 1909. Bd. 88. S. 23.
4. —, Ueber den Vorgang part. Sequestr. transplant. Knochengewebes nebst neuen histo. Untresuchungen. Arch. f. klin. Chir. 1909. Bd. 89. S. 281.
5. —, Plastische Operationen am Knochensystem. Fortschrittte d. Med. 1909. Nr. 10.
6. —, Zur Frage der freien Osteoplastik. Zentralbl. f. Chir. 1909. Beil. S. 133.
7. —, Kritische Bemerkungen und neue Beiträge zur freien Knochentransplantation. Arch. f. klin. Chir. 1911. Bd. 94. S. 242.
8. —, Technik und Erfolge der freien Transplantation. Med. Klin. 1911. S. 1801.
9. —, Ueber Implantation und Transplantation. Fortschr. d. naturw. Forsch. Bd. 5.
10. **Bardenheuer,** Ueber transplantatio spinae scapulae zum Ersatz der fehlenden oberen Hbmerushälfte. Chir.-Kongr. 1896.
11. **Barth,** Ueber histologische Befunde nach Knocheninplantationen. 22. Chir.-Kongr. 1893. II. S. 234.
12. —, Ueber Osteoplastik in histol. Beziehung. 23. Chir.-Kongr. 1894. II. S. 201.
13. —, Histol. Untersuch. über Knocheninplant. Zieglers Beitr. 1895. Bd. 17. S. 65.

14. **Barth**, Ueber künstliche Erzeugung von Knochengewebe und über die Ziele der Osteoplastik. Berl. klin. Wochenschr. 1896. S. 8.

15. —, Ueber Oesteoplastik. 37. Chir.-Kongr. 1908. II. S. 154.

16. **Baschkirzew**, Ueber Transplantation von Röhrenknochen. Russ. chir. Arch. 1911. Heft 4 (Ref. Jahresber. über d. Fortschr. d. Chir. 1911).

17. **Baschkirzew und Petrow**, Beiträge zur freien Knochenüberpflanzung. D. Zeitschr. f. Chir. 1912. Bd. 113. S. 490.

18. **Bergmann**, Wie lange nach dem Tode oder nach der Amputation bleibt der Knochen bezüglich der Keimfreiheit transplantationsfähig? Arch. f. klin. Chir. 1909. Bd. 90. S. 279.

19. **Berger und Schwab**, Knochen- und Gelenktransplantationen. D. med. Wochenschr. 1912. Nr. 43.

20. **v. Bergmann**, Ueber Heilung von Knochendefekten. 64. Naturforscherv ers. 1891.

21. —, Ueber Knochenimplantation. Freie Vereinigung der Chirurgen Berlins 1891.

22. **Bier**, Beobachtungen über Knochenregeneration. Arch. f. klin. Chir. Bd. 100. Heft 1.

23. **Borelius**, Beiträge zur Osteoplastik. Beitr. z. klin. Chir. 1914. Bd. 88. S. 214.

24. **Brandes**, Die Heilung größter Tibiadefekte durch Transplantation. Med. klin. 1913. S. 1493.

25. **Brentano**, Beitrag zur Knochenüberpflanzung in Röhrenknochendefekten. 37. Chir.-Kongr. 1908. I. S. 41.

26. **Buchmann**, Behandlung knöcherner Ellbogengelenksankylosen mittels Ueberpflanzung ganzer Gelenke. Zentralbl. f. Chir. 1908. S. 582.

27. **Christofidis**, Behandlung größerer Knochendefekte. Diss. Berlin 1906.

28. **v. Eiselsberg**, Zur Heilung größerer Defekte der Tibia durch gestielte Haut-, Periost-, Knochenlappen. Arch. f. klin. Chir. 1897. Bd. 55. S. 435.

29. **Gluck**, Die Invaginationsmethode der Osteo- und Arthroplastik. Berl. klin. Wochenschr. 1890. S. 732 und 752.

30. **Hahn**, Eine Methode Pseudarthrosen der Tibia mit großem Knochendefekt zur Heilung zu bringen. Zentralbl. f. Chir. 1884. Nr. 21.

31. **Hauth**, Beitrag zur Lehre des Ersatzes von Knochendefekten. Diss. Straßburg 1891.

32. **Jakimowitsch**, Versuche über das Wiederanheilen vollkommen getrennter Knochensplitter. D. Zeitschr. f. Chir. 1881. Bd. 15. S. 201.

33. **Jost**, Beiträge zur Osteoplastik an den Extremitäten. Beitr. zur klin. Chir. 1915. Bd. 95. S. 86.

34. **Kausch**, Ueber Knochenersatz. Beitr. zur Transplantation des toten Knochens. Beitr. z. klin. Chir. 1910. Bd. 68. S. 670.

35. **Klapp**, Ueber einen Fall von ausgedehnter Knochentransplantation. D. Zeitschr. f. Chir. 1900. Bd. 54. S. 576.

36. **Küttner**, Dauerresultate einer Leichentransplantation. Zentralbl. f. Chir. 1912. Nr. 12.

37. —, Knochentransplantation aus dem Affen. Zentralbl. f. Chir. 1912. Nr. 34.

38. **Löwen**, Zur Histologie des frei transplantierten periostgedeckten Knochens beim Menschen. Arch. f. klin. Chir. 1909. Bd. 90. S. 469.

39. **v. Langenbeck**, Beiträge zur Osteoplastik. Deutsche Klinik 1859. Nr. 48.

40. **Lexer**, Die Verwendung der freien Knochenplastik nebst Versuchen über Gelenkversteifung und Gelenktransplantation. 37. Chir.-Kongr. 1908. II. S. 188.

41. —, Ueber Gelenktransplantation. Arch. f. klin. Chir. 1909. Bd. 90. Heft 2.

42. —, Zur Gelenktransplantation. Chir.-Kongr. 1909, 1910, 1911 und 1913.

43. **Marchand**, Der Prozeß der Wundheilung mit Einschluß der Transplantation. Deutsche Chirurgie, Lieferung 16, 1901.

44. **Mayer** und **Wehner**, Neue Versuche zur Frage der Bedeutung der einzelnen Komponenten des Knochengewebes bei der Regene-

ration und Transplantation von Knochen. Arch. f. klin. Chir. 1914. Bd. 103. S. 732.

45. **Müller**, Zur funktionellen Anpassung nach Knochenplastik. 32. Chir.-Kongr. 1903. I. S. 36 .

46. **Petrow**, Zur Frage nach der Quelle der Regeneration bei Knochenüberpflanzung. Arch. f. klin. Chir. 1914. Bd. 105. S. 915.

47. **Reichel**, Zur Behandlung schwerer Formen von Pseudarthrose. Arch. f.klin. Chir. 1903. Bd. 71. S. 639.

48. **Schmitt**, Ueber Osteoplastik in klinischer und experimenteller Beziehung. Arch. f. klin. Chir. 1892. Bd. 45. S. 401.

49. **Schuchardt**, Die Krankheiten der Knochen und Gelenke. Deutsche Chirurgie, Lieferung 28. 1899.

50. **Smolny**, Ueber Homoplastik der langen Röhrenknochen. Diss. Breslau 1904.

51. **Streißler**, Der gegenwärtige Stand unkerer klinischen Erfahrungen über die Transplantation leb. menschl. Knochens. Beitr. z. klin. Chir. 1911. Bd. 71. S. 1.

52. **Stuckey**, Ueber die freie Knochentransplantation bei der Pseudarthrosebehandlung. Beitr. z. klin. Chir. 1912. Bd. 80. Heft 1.

53. **Tillmanns**, Ueber die Heilung größerer Kontinitätsdefekte an den langen Röhrenknochen. Chir. Beitr. Festschr. f. Benno Schmidt. 1896. S. 233.

54. —, Ueber Osteoplastik. Zentralbl. f. Chir. 1914. Nr. 12.

55. **Timann**, Behandlung der Spina ventosa mit freier Autoplastik. Beitr. z. klin. Chir. 1902. Bd. 36. S. 189.

56. **Tomita**, Ueber Knochentransplantation bei ausgedehnten Kontinuitätsdefekten der langen Röhrenknochen. D. Zeitschr. f. Chir. 1907. Bd. 90. S. 247.

57. **Wolff**, Die Osteoplastik in ihren Beziehungen zur Chirurgie und Physiologie. Arch. f. klin. Chir. 1863. Bd. 4. S. 183.

58. **Zeiß**, Die Literatur und Geschichte der plastischen Chirurgie. Leipzig 1863.

Lebenslauf

Ich, Egon Berthold, evangelisch, wurde am 8. I. 87 zu Rauscha in Schlesien als Sohn des Fabrisbesitzers Moritz Berthold geboren. Aufgewachsen bin ich in Liebau in Schlesien. Die Reifeprüfung legte ich Ostern 1907 am Gymnasium zu Frankfurt a. O. ab. Zunächst studierte ich in Breslau drei, in Berlin ein Semester Germanistik und Geschichte. Ostern 1909 trat ich in Berlin zur medizinischen Fakultät über und legte dort im Sommersemester 1914 die medizinische Staatsprüfung ab. Am 3. VIII. 14 wurde ich approbiert. Den ganzen Krieg über stand ich im Heeresdienst, in Lazarettzügen, in Feldlazaretten und bei der Truppe. Zwei Jahre davon war ich auf äußeren und inneren Abteilungen von Lazaretten tätig. Im Januar 1919 wurde ich aus dem Heeresdienst entlassen. In den folgenden Monaten nahm ich in Berlin an Wiederholungs- und Fortbildungskursen teil und arbeitete an meiner Dissertation. Demnächst werde ich mich in Krummhübel als praktischer Arzt niederlassen.